

Datenbanksysteme

Kapitel 7: Relationaler Datenbank-Entwurf – was ist guter Entwurf? (Teil 2)

Lehrstuhl für Systeme der Informationsverwaltung, Fakultät für Informatik



Photo by CIMMYT

Schema-Eigenschaften

Eigenschaften, die wir erreichen wollen.

- Relationenschemata, Schlüssel und Fremdschlüssel so wählen, dass
 1. alle Anwendungsdaten aus den Basisrelationen hergeleitet werden können (*Verbundtreue*),
 2. nur semantisch sinnvolle und konsistente Anwendungsdaten dargestellt werden können (*Abhängigkeitstreue*), und
 3. die Daten möglichst nicht-redundant dargestellt werden.

Einleitung

FDs

FDs –
Ableitung

Anomalien

Transform.-
Eigenschaft.

Schema-
eigenschaft.

Entwurfs-
verfahren

Weitere
Abh.keiten

Schluss

Erste Normalform

- Erste Normalform (1NF):
Nur atomare Attribute in Relationenschemata.

Invnr	Titel	ISBN	Autoren
0007	Dr. No	3-125	James Bond
1201	Objektbanken	3-111	{Heuer, Scholl}

ist in erster Normalform

Invnr	Titel	ISBN	Autor
0007	Dr. No	3-125	James Bond
1201	Objektbanken	3-111	Heuer
1201	Objektbanken	3-111	Scholl

Einleitung

FDs

FDs –
Ableitung

Anomalien

Transform.-
Eigenschaft.

Schema-
eigenschaft.

Entwurfs-
verfahren

Weitere
Abh.keiten

Schluss

Zweite Normalform (1)

- *β ist voll funktional abhängig von α ,*
wenn aus α kein Attribut entfernt werden kann,
so dass FD immer noch gilt.
- Gegenbeispiel: PLZ, Bundesland \rightarrow Ort

Einleitung

FDs

FDs –
Ableitung

Anomalien

Transform.-
Eigenschaft.

Schema-
eigenschaft.

Entwurfs-
verfahren

Weitere
Abh.keiten

Schluss

Zweite Normalform (2)

- Ziel: keine partielle Abhängigkeiten
- *Partielle Abhängigkeit* liegt vor, wenn ein Nicht-Primattribut voll funktional von einem Teil eines Schlüsselkandidaten abhängt.
(Primattribut – Attribut, das Bestandteil eines Schlüssels ist;
Nicht-Primattribut – Attribut, das nicht in einem Schlüssel auftaucht.)

Einleitung
FDs
FDs –
Ableitung
Anomalien
Transform.-
Eigenschaft.
Schema-
eigenschaft.
Entwurfs-
verfahren
Weitere
Abh.keiten
Schluss

Zweite Normalform (3)

■ Beispiel:

Invnr	Titel	<u>ISBN</u>	<u>Autor</u>
0007	Dr. No	3-125	James Bond
1201	Objektbanken	3-111	Heuer
1201	Objektbanken	3-111	Scholl

- Schlüssel: Autor, ISBN.
- Bsp: ISBN → Titel
- Was kann passieren?
 - Mehrere Titel für das gleiche Buch.
 - Autor nicht bekannt/nicht vorhanden – Buch kann nicht erfasst werden.

Einleitung
 FDs
 FDs –
 Ableitung
 Anomalien
 Transform.-
 Eigenschaft.
Schema-
eigenschaft.
 Entwurfs-
 verfahren
 Weitere
 Abh.keiten
 Schluss

Zweite Normalform (4)

■ Relation:

Invnr	Titel	<u>ISBN</u>	<u>Autor</u>
0007	Dr. No	3-125	James Bond
1201	Objektbanken	3-111	Heuer
1201	Objektbanken	3-111	Scholl

Einleitung

FDs

FDs –
Ableitung

Anomalien

Transform.-
Eigenschaft.

Schema-
eigenschaft.

Entwurfs-
verfahren

Weitere
Abh.keiten

Schluss

■ Was wäre bessere Modellierung?

Invnr	Titel	<u>ISBN</u>
0007	Dr. No	3-125
1201	Objektbanken	3-111

<u>ISBN</u>	<u>Autor</u>
3-125	James Bond
3-111	Heuer
3-111	Scholl

Zweite Normalform (5)

- Beispiel:
 - ISBN → Titel, Invnr,
und
ISBN, Autor → Invnr, Titel, ISBN, Autor
 - ISBN und Autor bilden Schlüssel.
 - Titel, Invnr hängen aber allein von ISBN ab.
- Zweite Normalform erreichen durch Elimination der rechten Seite der partiellen Abhängigkeit und Kopie der linken Seite.
- So verschwindet Redundanz.

Einleitung
FDs
FDs –
Ableitung
Anomalien
Transform.-
Eigenschaft.
Schema-
eigenschaft.
Entwurfs-
verfahren
Weitere
Abh.keiten
Schluss

Zweite Normalform – weiteres Beispiel

MatrNr	VorlNr	Name	Semester
26120	5001	Fichte	10
27550	5001	Schopenhauer	6
27550	4052	Schopenhauer	6
28106	5041	Carnap	3
28106	5052	Carnap	3
28106	5216	Carnap	3
29237	5259	Fichte	6
29237	5001	Fichte	6
...

Einleitung
 FDs
 FDs –
 Ableitung
 Anomalien
 Transform.-
 Eigenschaft.
Schema-
eigenschaft.
 Entwurfs-
 verfahren
 Weitere
 Abh.keiten
 Schluss

- Was für Redundanzen?
- Was für Schlüssel?
- Was für FDs? Was für partielle Abhängigkeiten?
- Normalisierungsergebnis?

Dritte Normalform (1)

- *Transitive Abhängigkeit:*
Schlüssel K bestimmt Attributmengemenge X funktional,
diese aber auch eine Attributmengemenge Y.
Transitive Abhängigkeit $K \rightarrow X \rightarrow Y$
- Außerdem:
 - $X \not\rightarrow K$
 - $Y \notin KX$
- Dritte Normalform:
Keine transitiven Abhängigkeiten
zwischen einem möglichen Schlüssel
und weiteren Nicht-Primattributen.

Einleitung
FDs
FDs –
Ableitung
Anomalien
Transform.-
Eigenschaft.
Schema-
eigenschaft.
Entwurfs-
verfahren
Weitere
Abh.keiten
Schluss

Dritte Normalform (2)

■ Beispiel:

PANr	PLZ	Ort
KB	61352	Bad Homburg
EB	61352	Bad Homburg
PP	61352	Bad Homburg
RR	61348	Bad Homburg

- Ist diese Relation in 2NF?
- Information, dass zur **PLZ** '61352' der **Ort** 'Bad Homburg' gehört, ist redundant.
- **PANr** → **PLZ** und **PLZ** → **Ort**

Einleitung

FDs

FDs –
Ableitung

Anomalien

Transform.-
Eigenschaft.

Schema-
eigenschaft.

Entwurfs-
verfahren

Weitere
Abh.keiten

Schluss

Dritte Normalform (3)

■ Beispiel:

<u>PANr</u>	PLZ	Ort
KB	61352	Bad Homburg
EB	61352	Bad Homburg
PP	61352	Bad Homburg
RR	61348	Bad Homburg

■ Bessere Repräsentation:

<u>PANr</u>	PLZ	<u>PLZ</u>	Ort
KB	61352	61352	Bad Homburg
EB	61352	61348	Bad Homburg
PP	61352		
RR	61348		

Einleitung

FDs

FDs –
Ableitung

Anomalien

Transform.-
Eigenschaft.

Schema-
eigenschaft.

Entwurfs-
verfahren

Weitere
Abh.keiten

Schluss

Dritte Normalform (4)

- Dritte Normalform erreichen durch Elimination von Y und Kopie von X.
- Transitive Abhängigkeit $K \rightarrow X \rightarrow Y$

Einleitung

FDs

FDs –
Ableitung

Anomalien

Transform.-
Eigenschaft.

Schema-
eigenschaft.

Entwurfs-
verfahren

Weitere
Abh.keiten

Schluss

Dritte Normalform (5)

- Partielle Abhängigkeit
Spezialform der transitiven Abhängigkeit.
- Transitive Abhängigkeit $K \rightarrow Y \rightarrow X$, mit $Y \not\rightarrow K$.
- D. h. keine transitiven Abhängigkeiten
 \Rightarrow keine partiellen Abhängigkeiten.
- Dritte Normalform impliziert also zweite.

Einleitung

FDs

FDs –
Ableitung

Anomalien

Transform.-
Eigenschaft.

Schema-
eigenschaft.

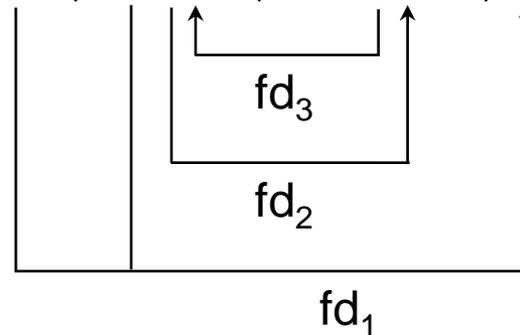
Entwurfs-
verfahren

Weitere
Abh.keiten

Schluss

Boyce-Codd Normalform (1)

- Beispiel: Städte(Ort, BLand, MinPräs, EW)



Einleitung

FDs

FDs –
Ableitung

Anomalien

Transform.-
Eigenschaft.

Schema-
eigenschaft.

Entwurfs-
verfahren

Weitere
Abh.keiten

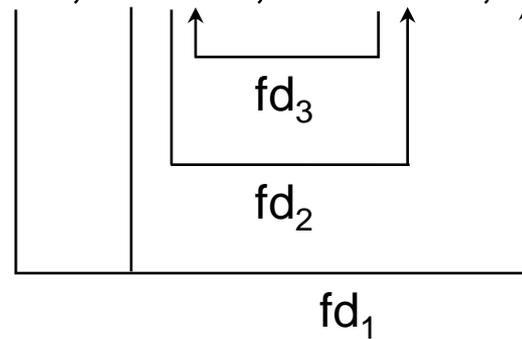
Schluss

- Redundanz – Info, wer welches BL regiert.
Beispiel:

Ort	BLand	MinPräs	EW
Mannheim	BW	Kretschmann	310000
Heidelberg	BW	Kretschmann	140000
Karlsruhe	BW	Kretschmann	290000

Boyce-Codd Normalform (2)

- Beispiel: Städte(Ort, BLand, MinPräs, EW)



- 2NF? 3NF?

Einleitung

FDs

FDs –
Ableitung

Anomalien

Transform.-
Eigenschaft.

Schema-
eigenschaft.

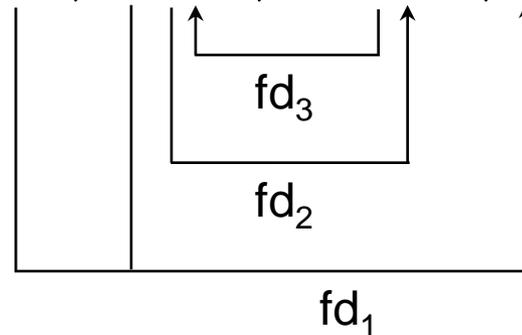
Entwurfs-
verfahren

Weitere
Abh.keiten

Schluss

Boyce-Codd Normalform (3)

- Beispiel: Städte(Ort, BLand, MinPräs, EW)



- 2NF? 3NF?

- Ist in 2NF, denn:

- Partielle Abhängigkeit liegt vor, wenn ein Nicht-Primattribut voll funktional von einem Teil eines Schlüsselkandidaten abhängt.

- EW ist das einzige Nichtprimattribut. Hängt stets von gesamtem Schlüssel ab. D. h. 2NF.

- Ist in 3NF.

Einleitung

FDs

FDs –
Ableitung

Anomalien

Transform.-
Eigenschaft.

Schema-
eigenschaft.

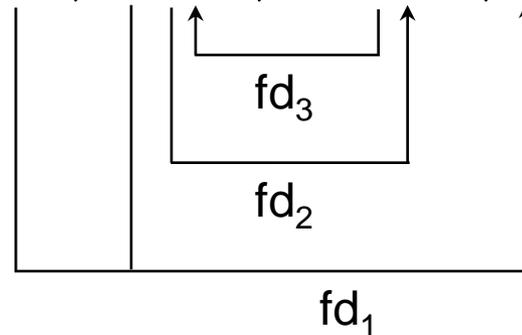
Entwurfs-
verfahren

Weitere
Abh.keiten

Schluss

Boyce-Codd Normalform (4)

- Beispiel: Städte(Ort, BLand, MinPräs, EW)



- 2NF? 3NF?
- Redundanz – Info, wer welches BL regiert.
Beispiel:

Ort	BLand	MinPräs	EW
Mannheim	BW	Kretschmann	310000
Heidelberg	BW	Kretschmann	140000
Karlsruhe	BW	Kretschmann	290000

- **Nicht** in BCNF.

Einleitung
 FDs
 FDs –
 Ableitung
 Anomalien
 Transform.-
 Eigenschaft.
Schema-
eigenschaft.
 Entwurfs-
 verfahren
 Weitere
 Abh.keiten
 Schluss

Boyce-Codd Normalform (5)

- Definition: Relationenschema R mit FDs F ist in BCNF, wenn für jede FD $\alpha \rightarrow \beta$ eine der folgenden Bedingungen gilt:
- $\beta \subseteq \alpha$ (d. h. triviale Abhängigkeit)
- α Schlüssel von R
(oder Obermenge eines Schlüssels von R).

Einleitung

FDs

FDs –
Ableitung

Anomalien

Transform.-
Eigenschaft.

Schema-
eigenschaft.

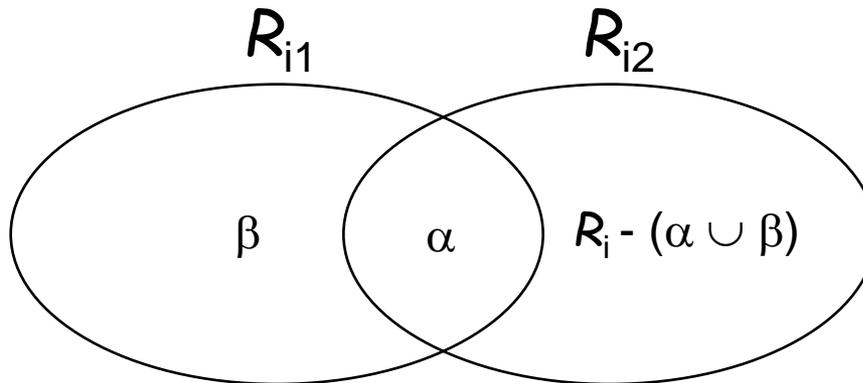
Entwurfs-
verfahren

Weitere
Abh.keiten

Schluss

BCNF – Zerlegung (1)

- Dekompositionsalgorithmus.
Beispiel auf folgender Folie als Illustration.
- Nichttriviale FD, die gerade Gegenstand der Betrachtung ist: $\alpha \rightarrow \beta$
 β sollte maximal sein.
- Ergebnis nach aktuellem Schritt:



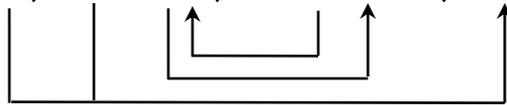
- Offensichtlich verbundtreu:
Schnittmenge ist Schlüssel für R_{i1} .

Einleitung
 FDs
 FDs –
 Ableitung
 Anomalien
 Transform.-
 Eigenschaft.
Schema-
eigenschaft.
 Entwurfs-
 verfahren
 Weitere
 Abh.keiten
 Schluss

BCNF – Zerlegung (2)

■ Anwendung auf Beispiel ‚Städte‘ von eben?

■ Städte(Ort, BLand, MinPräs, EW)



Ort	BLand	MinPräs	EW
Mannheim	BW	Kretschmann	310000
Heidelberg	BW	Kretschmann	140000
Karlsruhe	BW	Kretschmann	290000

Einleitung

FDs

FDs –
Ableitung

Anomalien

Transform.-
Eigenschaft.

Schema-
eigenschaft.

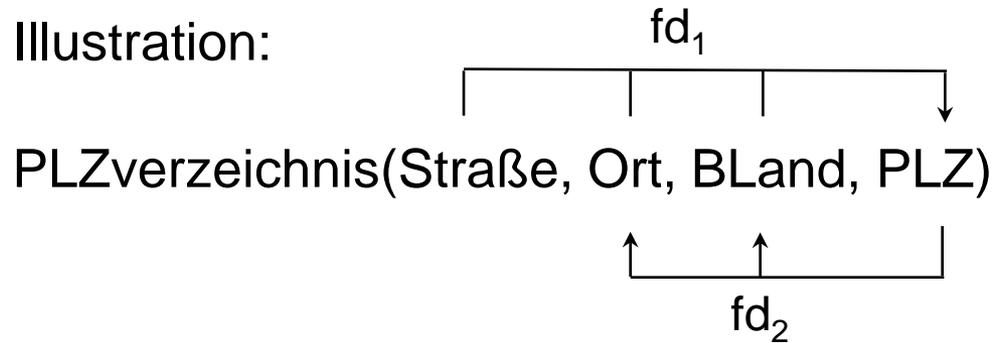
Entwurfs-
verfahren

Weitere
Abh.keiten

Schluss

BCNF – Verlust der Abhängigkeitstreue

■ Illustration:



- fd_2 verletzt BCNF.
- Zerlegung entlang fd_2 hat Ergebnis
 - Straßen(Straße, PLZ),
 - Orte(Ort, BLand, PLZ)
- fd_1 geht durch Zerlegung verloren.
- Ursprüngliche Relation ist in 3NF
 - meist ausreichend.

Einleitung

FDs

FDs –
Ableitung

Anomalien

Transform.-
Eigenschaft.

Schema-
eigenschaft.

Entwurfs-
verfahren

Weitere
Abh.keiten

Schluss

Minimalität

- Kriterien mit möglichst wenigen Relationenschemata erreichen.
- Beispiel: Attributmenge PANr, PLZ, Ort
FD-Menge {PANr → PLZ, PLZ → Ort}
- Datenbankschemata in dritter Normalform:
 - $S = \{(\{PANr, PLZ\}, \{PANr\}), (\{PLZ, Ort\}, \{PLZ\})\}$
 - $S' = \{(\{PANr, PLZ\}, \{PANr\}), (\{PLZ, Ort\}, \{PLZ\}), (\{PANr, Ort\}, \{PANr\})\}$
- Redundanzen in S' .

Einleitung
 FDs
 FDs –
 Ableitung
 Anomalien
 Transform.-
 Eigenschaft.
Schema-
eigenschaft.
 Entwurfs-
 verfahren
 Weitere
 Abh.keiten
 Schluss

Schema-Eigenschaften

Schemaeigenschaft	Kurzcharakteristik	
1NF	nur atomare Attribute	
2NF	keine partielle Abhängigkeit eines Nicht-Primattributes von einem Schlüssel	Einleitung FDs
3NF	keine transitive Abhängigkeit eines Nicht-Primattributes von einem Schlüssel	FDs – Ableitung Anomalien
Minimalität	minimale Anzahl von Relationenschemata, die die anderen Eigenschaften erfüllt.	Transform.- Eigenschaft. <u>Schema- eigenschaft.</u> Entwurfs- verfahren Weitere Abh.keiten Schluss

Dekomposition

- Prinzip:
Immer wenn transitive Abhängigkeit $X \rightarrow Y \rightarrow Z$,
wird Relation ‚an dieser Stelle‘ zerlegt.
- Erreicht nur 3NF und Verbundtreue.

Einleitung

FDs

FDs –
Ableitung

Anomalien

Transform.-
Eigenschaft.

Schema-
eigenschaft.

Entwurfs-
verfahren

Weitere
Abh.keiten

Schluss

Dekomposition: Normalisierung

- Normalisierungsschritt: Falls $K \rightarrow X \rightarrow Y$,
aus R Attributmengende Y eliminieren
und mit X in ein neues Relationenschema stecken.
 - $R = (R, K)$ und F über R gegeben.
 - Falls R in 3NF ist: fertig.
 - Sonst: Schritt wiederholen.

Einleitung

FDs

FDs –
Ableitung

Anomalien

Transform.-
Eigenschaft.

Schema-
eigenschaft.

Entwurfs-
verfahren

Weitere
Abh.keiten

Schluss

Dekomposition: Normalisierung – Beispiel

- $U = \{PANr, PLZ, Ort, Land, Staat\}$,
- $F = \{PANr \rightarrow PLZ, PLZ \rightarrow Ort, Ort \rightarrow Land, Land \rightarrow Staat\}$,
also z.B. auch: $PANr \rightarrow Land$
- $(U, K(F)) =$
 $(\{PANr, PLZ, Ort, Land, Staat\}, \{\{PANr\}\})$
- ‚ $K \rightarrow X \rightarrow Y$ ‘ sei jetzt ‚ $PANr \rightarrow Land \rightarrow Staat$ ‘
- Neue Relationen:
 - $R_1 = \{Land, Staat\}$,
 - $R_2 = \{PANr, PLZ, Ort, Land\}$,
- Vorgehen wiederholt sich (mit R_2),
nächste transitive FD z. B. $PANr \rightarrow Ort \rightarrow Land$.

Einleitung

FDs

FDs –
Ableitung

Anomalien

Transform.-
Eigenschaft.

Schema-
eigenschaft.

Entwurfs-
verfahren

Weitere
Abh.keiten

Schluss

Dekomposition: Diskussion

- Vorteile:
 - 3NF,
 - Verbundtreue.
- Nachteile:
 - Abhängigkeitstreue und Minimalität nicht,
 - reihenfolgeabhängig,
 - NP-vollständig (Schlüsselsuche).

Einleitung

FDs

FDs –
Ableitung

Anomalien

Transform.-
Eigenschaft.

Schema-
eigenschaft.

Entwurfs-
verfahren

Weitere
Abh.keiten

Schluss

Dekomposition – Beispiel für Reihenfolgeabhängigkeit

- $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D$ (PANr, PLZ, Ort, Bundesland)
- $A \rightarrow B \rightarrow D$ zuerst betrachten.
 - Zwischenergebnis:
 $R_1' = (BD, \{B\}), R_2' = (ABC, \{A\}),$
 - Endergebnis:
 $R_1 = (BD, \{B\}), R_2 = (BC, \{B\}), R_3 = (AB, \{A\}),$
 - Abhängigkeit $C \rightarrow D$ ist verloren.

Einleitung
FDs
FDs –
Ableitung
Anomalien
Transform.-
Eigenschaft.
Schema-
eigenschaft.
Entwurfs-
verfahren
Weitere
Abh.keiten
Schluss

Dekomposition – weiteres Beispiel

- Dieses Beispiel wird zeigen, dass mit Dekomposition nicht-minimale Zerlegung möglich.
- ABCD; $F = \{A \rightarrow B, B \rightarrow C, B \rightarrow D\}$.
(PANr, Stadt, KFZ-Kennz., Telefon-Vorwahl)
- Wie sieht minimale Zerlegung aus?
- Wie sieht nicht-minimale Zerlegung aus?
- Wie muss Dekomposition ablaufen, damit nicht-minimale Zerlegung?

Einleitung

FDs

FDs –
Ableitung

Anomalien

Transform.-
Eigenschaft.

Schema-
eigenschaft.

Entwurfs-
verfahren

Weitere
Abh.keiten

Schluss

NP-Vollständigkeit

– Schlüsselsuche (1)

- Dekomposition braucht Schlüsselsuche. **Wieso?**

Einleitung

FDs

FDs –
Ableitung

Anomalien

Transform.-
Eigenschaft.

Schema-
eigenschaft.

Entwurfs-
verfahren

Weitere
Abh.keiten

Schluss

NP-Vollständigkeit – Schlüsselsuche (1)

- Dekomposition braucht Schlüsselsuche. **Wieso?**
Wir suchen nach transitiven Abhängigkeiten
der Form $K \rightarrow X \rightarrow Y$, d. h. Schlüssel muss bekannt sein.

Einleitung

FDs

FDs –
Ableitung

Anomalien

Transform.-
Eigenschaft.

Schema-
eigenschaft.

Entwurfs-
verfahren

Weitere
Abh.keiten

Schluss

NP-Vollständigkeit – Schlüsselsuche (2)

- Jede Menge von Attributen kommt als Schlüssel in Frage, wenn eine Teilmenge von ihr nicht bereits Schlüssel ist.
- D. h. erst alle einelementigen Mengen testen, dann alle zweielementigen usw.
Daraus ergibt sich NP-Vollständigkeit.

Einleitung

FDs

FDs –
Ableitung

Anomalien

Transform.-
Eigenschaft.

Schema-
eigenschaft.

Entwurfs-
verfahren

Weitere
Abh.keiten

Schluss

Membership-Problem (2)

- Das Membership-Problem „ $X \rightarrow Y \in F^+ ?$ “ kann nun durch das modifizierte Problem Membership-Problem (2): „ $Y \subseteq X_F^* ?$ “ („Ist Y in der Hülle von X bezüglich F ?“) in linearer Zeit (linear in der Anzahl Attribute) gelöst werden.

NP-Vollständigkeit – Schlüsselsuche (3)

- Test, ob Attributmengende A Schlüssel ist:
Lösung des Membership-Problems,
mit A auf der linken und allen Attributen auf der rechten Seite.

Einleitung

FDs

FDs –
Ableitung

Anomalien

Transform.-
Eigenschaft.

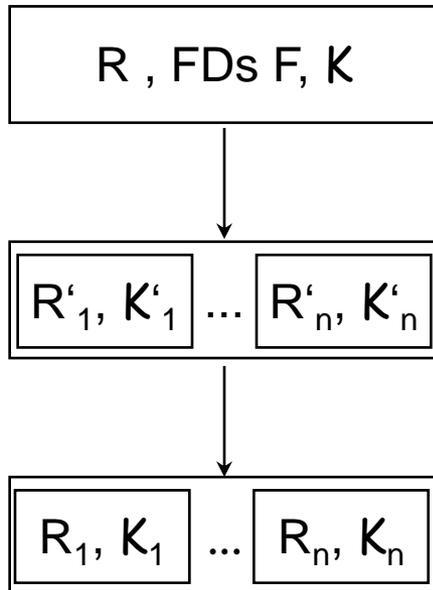
Schema-
eigenschaft.

Entwurfs-
verfahren

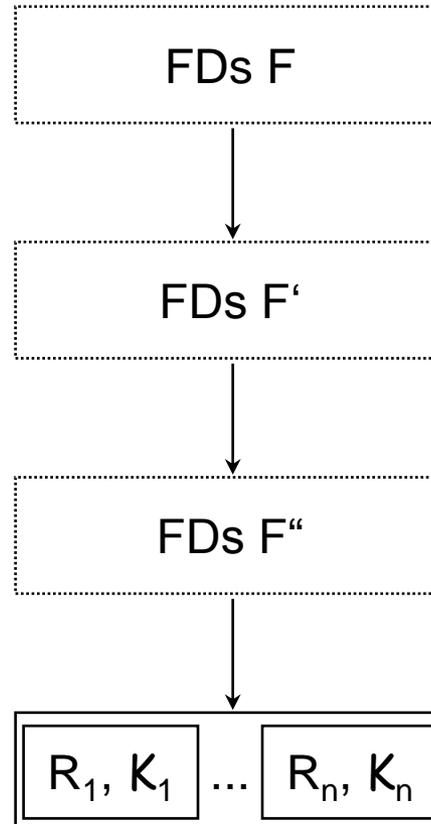
Weitere
Abh.keiten

Schluss

Vergleich Dekomposition – Synthese



Dekomposition



Synthese

Einleitung
 FDs
 FDs –
 Ableitung
 Anomalien
 Transform.-
 Eigenschaft.
 Schema-
 eigenschaft.
Entwurfs-
 verfahren
 Weitere
 Abh.keiten
 Schluss

Syntheseverfahren

- Prinzip: Synthese formt Original-FD-Menge F in Menge von Schlüsselabhängigkeiten G so um, dass $F \equiv G$ gilt, sofern Abhängigkeiten zwischen Schlüsselattributen dem nicht im Weg stehen, s. B. BCNF-Beispiel,
- Abhängigkeitstreue ‚im Verfahren verankert‘.
- 3NF und Minimalität wird auch erreicht, reihenfolgeunabhängig.
- Zeitkomplexität: polynomiell (in der Gesamtanzahl der Vorkommen von Attributen auf den linken Seiten der FDs bzw. der Anzahl von FDs).

Einleitung
FDs
FDs –
Ableitung
Anomalien
Transform.-
Eigenschaft.
Schema-
eigenschaft.
Entwurfs-
verfahren
Weitere
Abh.keiten
Schluss

Syntheseverfahren Übersicht (1)

- Eliminiere Redundanzen durch Entfernen redundanter/überflüssiger FDs und Attribute. FDs aus F überflüssig, wenn *redundant*, d. h. $F - \{f\} \equiv F$, dann f redundant. Attribute aus F *überflüssig*, wenn unwesentlich. (‘Überflüssige Attribute’ werden gleich illustriert.)
- Fasse FDs zu „Äquivalenzklassen“ zusammen: FDs in eine Klasse, die gleiche oder äquivalente linke Seiten haben; pro Äquivalenzklasse ein Relationenschema.

Einleitung

FDs

FDs –
Ableitung

Anomalien

Transform.-
Eigenschaft.

Schema-
eigenschaft.

Entwurfs-
verfahren

Weitere
Abh.keiten

Schluss

Syntheseverfahren Beispiele (1)

- $F = \{A \rightarrow B, AB \rightarrow C, A \rightarrow C, B \rightarrow A, C \rightarrow E\}$.
- Redundante FD: $A \rightarrow C$,
- Zwischenergebnis nach Eliminierung der redundanten FDs:
 $F' = \{A \rightarrow B, AB \rightarrow C, B \rightarrow A, C \rightarrow E\}$.
- Überflüssiges Attribut: B in $AB \rightarrow C$.
- Resultierende FDs: $A \rightarrow B, A \rightarrow C, B \rightarrow A$, $C \rightarrow E$.
Zu Äquivalenzklasse zusammenfassen.
- Synthesergebnis (d. h. Relationenschema):
 $(ABC, \{\{A\}, \{B\}\}), (CE, \{C\})$

Einleitung
 FDs
 FDs –
 Ableitung
 Anomalien
 Transform.-
 Eigenschaft.
 Schema-
 eigenschaft.
Entwurfs-
 verfahren
 Weitere
 Abh.keiten
 Schluss

Syntheseverfahren Beispiele (2)

- ABCD; $F = \{A \rightarrow B, B \rightarrow C, B \rightarrow D\}$.
(PANr, Stadt, KFZ-Kennz., Telefon-Vorwahl)

Einleitung

FDs

FDs –
Ableitung

Anomalien

Transform.-
Eigenschaft.

Schema-
eigenschaft.

Entwurfs-
verfahren

Weitere
Abh.keiten

Schluss

Syntheseverfahren Beispiele (3)

- ABCD; $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D$
(PANr, PLZ, Ort, Bundesland)
- Ungeschicktes Vorgehen bei Dekomposition:
 - $A \rightarrow B \rightarrow D$ zuerst betrachten.
 - $R_1=(BD, \{B\}), R_2=(BC, \{B\}), R_3=(AB, \{A\}),$
 - Abhängigkeit $C \rightarrow D$ ist verloren.
- ‚Linke Seiten‘ von Klassen von FDs
beim Synthese-Algorithmus: A, B, C.

Einleitung
 FDs
 FDs –
 Ableitung
 Anomalien
 Transform.-
 Eigenschaft.
 Schema-
 eigenschaft.
Entwurfs-
 verfahren
 Weitere
 Abh.keiten
 Schluss

Syntheseverfahren Komplexität (1)

- Beispiel (das von eben):
 - $F = \{A \rightarrow B, AB \rightarrow C, A \rightarrow C, B \rightarrow A, C \rightarrow E\}$.
 - Ist $A \rightarrow C$ redundant? D. h. ist $C \in A_{F \setminus \{A \rightarrow C\}}^*$?
 - *Hülle einer Attributmeng*e X bezüglich F
ist $X_F^* := \{A \mid X \rightarrow A \in F^+\}$.

Einleitung

FDs

FDs –
Ableitung

Anomalien

Transform.-
Eigenschaft.

Schema-
eigenschaft.

Entwurfs-
verfahren

Weitere
Abh.keiten

Schluss

Syntheseverfahren Komplexität (2)

- Zwei Schritte:
 - Eliminierung redundanter FDs (wurde eben illustriert)
 - Eliminierung überflüssiger Attribute.
- Es wurde eingangs gezeigt: Membership-Problem in linearer Zeit lösbar.

Einleitung
FDs
FDs –
Ableitung
Anomalien
Transform.-
Eigenschaft.
Schema-
eigenschaft.
Entwurfs-
verfahren
Weitere
Abh.keiten
Schluss

Syntheseverfahren Komplexität (3)

- Eliminierung redundanter FDs ist in $O(n \cdot m)$.
 - n – Anzahl der funktionalen Abhängigkeiten,
 m – Anzahl der Attribute.
 - Wir müssen n funktionale Abhängigkeiten betrachten
(eine nach der anderen – Faktor n).
 - Ist rechte Seite dieser Abhängigkeit
in Hülle der linken Seite
bezüglich der restlichen Abhängigkeiten?
(D. h. Lösung des Membership-Problems – Faktor m .)

Einleitung
FDs
FDs –
Ableitung
Anomalien
Transform.-
Eigenschaft.
Schema-
eigenschaft.
Entwurfs-
verfahren
Weitere
Abh.keiten
Schluss

Syntheseverfahren Komplexität (4)

- Eliminierung überflüssiger Attribute ist in $O(l \cdot m)$ (Forts.).
 - Ist A in Abhängigkeit $\text{,AB} \rightarrow C'$ überflüssig?
 - $F'_o := (F' \setminus \{AB \rightarrow C\}) \cup \{B \rightarrow C\}$. Ist $F' \equiv F'_o$?
 - Bzw. ist $B \rightarrow C$ in der Hülle von F' ?
(Lösung des Membership-Problems.)
 - Umgekehrte Richtung, ob $AB \rightarrow C$ in der Hülle von F'_o ,
ist trivial. (Wenn $\text{,B} \rightarrow C'$ gilt, dann natürlich auch $\text{,AB} \rightarrow C'$.)

Einleitung

FDs

FDs –
Ableitung

Anomalien

Transform.-
Eigenschaft.

Schema-
eigenschaft.

Entwurfs-
verfahren

Weitere
Abh.keiten

Schluss

Syntheseverfahren Komplexität (5)

- Eliminierung überflüssiger Attribute ist in $O(l \cdot m)$.
 - m – Anzahl der Attribute,
 l – Anzahl der Vorkommen von Attributen,
 wächst polynomiell mit m (wird hier nicht gezeigt).
 - l – Illustration:
 - $F' = \{A \rightarrow B, AB \rightarrow C, B \rightarrow A, C \rightarrow E\}$.
 - $l = 3$ (für A) + 3 (für B) + 2 (für C) + 1 (für E)

Einleitung
 FDs
 FDs –
 Ableitung
 Anomalien
 Transform.-
 Eigenschaft.
 Schema-
 eigenschaft.
Entwurfs-
 verfahren
 Weitere
 Abh.keiten
 Schluss

Syntheseverfahren Beispiele (4)

- $F = \{\text{Name} \rightarrow \text{Alter}, \text{Abteilung} \rightarrow \text{Leiter}\}$.
- Synthesergebnis: $(\text{Name} \text{ Alter}, \{\text{Name}\})$,
 $(\text{Abteilung} \text{ Leiter}, \{\text{Abteilung}\})$ ist nicht verbundtreu!
- Beispiel:

- Universalrelation:

Name	Alter	Abteilung	Leiter
NH	29	Marketing	RR
NH	29	DBS	KB
GS	29	DBS	KB

- Zerlegung:

Name	Alter	Abteilung	Leiter
NH	29	Marketing	RR
GS	29	DBS	KB

- In welcher NF ist Ausgangsrelation?
- Wie sieht Normalisierungsergebnis aus?

Einleitung
 FDs
 FDs –
 Ableitung
 Anomalien
 Transform.-
 Eigenschaft.
 Schema-
 eigenschaft.
Entwurfs-
 verfahren
 Weitere
 Abh.keiten
 Schluss

Syntheseverfahren Beispiele (5)

- $F = \{\text{Name} \rightarrow \text{Alter}, \text{Abteilung} \rightarrow \text{Leiter}\}$.
- Beispiel

Universalrelation:

Name	Alter	Abteilung	Leiter
NH	29	Marketing	RR
NH	29	DBS	KB
GS	29	DBS	KB

Einleitung

FDs

FDs –

Ableitung

Anomalien

Transform.-
Eigenschaft.

Schema-
eigenschaft.

Entwurfs-
verfahren

Weitere
Abh.keiten

Schluss

- In welcher NF ist Ausgangsrelation?
Nicht in 2NF.
Relation enthält partielle Abhängigkeiten.
- Wie sieht Normalisierungsergebnis aus?

Name	Alter
NH	29
GS	29

Abteilung	Leiter
Marketing	RR
DBS	KB

Name	Abteilung
NH	Marketing
NH	DBS
GS	DBS

Syntheseverfahren Übersicht (2)

- Trick Verbundtreue: Original-FD-Menge F um $U \rightarrow \delta$ erweitern, δ Dummy-Attribut, das nach Synthese entfernt wird.
- Beispiel von eben, jetzt mit Dummy-FD:
 - $F' = \{ \text{Name} \rightarrow \text{Alter}, \text{Abteilung} \rightarrow \text{Leiter}, \text{Name} \text{ Alter} \text{ Abteilung} \text{ Leiter} \rightarrow \delta \}$
 - wird zu $F' = \{ \text{Name} \rightarrow \text{Alter}, \text{Abteilung} \rightarrow \text{Leiter}, \text{Name} \text{ Abteilung} \rightarrow \delta \}$
 - Syntheseresultat:
 - (Name Alter, {Name}),
 - (Abteilung Leiter, {Abteilung}),
 - (Name Abteilung, {Name Abteilung})

Einleitung
 FDs
 FDs –
 Ableitung
 Anomalien
 Transform.-
 Eigenschaft.
 Schema-
 eigenschaft.
Entwurfs-
 verfahren
 Weitere
 Abh.keiten
 Schluss



Photo by Tony Bowden

Mehrwertige Abhängigkeiten – Motivation

Name	Neffe	Hobby
Heinrich	Martin	Autos
Heinrich	Thomas	Autos
Heinrich	Martin	Basteln
Heinrich	Thomas	Basteln
Heinrich	Martin	Klettern
Heinrich	Thomas	Klettern
Herbert	Thomas	Autos

- Ist die Relation in 2NF?
- Ist die Relation in 3NF?

Einleitung

FDs

FDs –
Ableitung

Anomalien

Transform.-
Eigenschaft.

Schema-
eigenschaft.

Entwurfs-
verfahren

Weitere
Abh.keiten

Schluss

Mehrwertige Abhängigkeiten, anschaulich

- *Multi-Value Dependency (MVD):*
Jeder Wert des abhängigen Attributes kommt in Kombination mit allen Werten der anderen Attribute vor.
- Redundanzbehaftet.

Einleitung

FDs

FDs –
Ableitung

Anomalien

Transform.-
Eigenschaft.

Schema-
eigenschaft.

Entwurfs-
verfahren

Weitere
Abh.keiten

Schluss

Mehrwertige Abhängigkeiten und Normalisierung

- Natürliche Darstellung des Sachverhalts:

Name	Neffe
Heinrich	Martin
Heinrich	Thomas

Name	Hobby
Heinrich	Autos
Heinrich	Basteln
Heinrich	Klettern

- Vierte Normalform.

Einleitung

FDs

FDs –
Ableitung

Anomalien

Transform.-
Eigenschaft.

Schema-
eigenschaft.

Entwurfs-
verfahren

Weitere
Abh.keiten

Schluss

Mehrwertige Abhängigkeiten – Illustration

Name	Neffe	Hobby
Heinrich	Martin	Autos
Heinrich	Thomas	Autos
Heinrich	Martin	Basteln
Heinrich	Thomas	Basteln
Heinrich	Martin	Klettern
Heinrich	Thomas	Klettern

Name	Neffe	Hobby
Heinrich	Martin	Autos
Heinrich	Thomas	Autos
Heinrich	Martin	Basteln
Heinrich	Thomas	Basteln
Heinrich	Thomas	Klettern

- Existenz einer MVD – Schema-Designer muss es sich überlegen.
- Schema-Designer muss sich überlegen, wie Weltausschnitt beschaffen ist.

Einleitung

FDs

FDs –
Ableitung

Anomalien

Transform.-
Eigenschaft.

Schema-
eigenschaft.

Entwurfs-
verfahren

Weitere
Abh.keiten

Schluss

Vierte Normalform

■ Illustration:

- Relation mit Attributen Name, Nef fe, Hobby.
- Es gelte MVD $Name \twoheadrightarrow Nef fe$.
(MVD = ‚multi-valued dependency‘)
- Wenn (Heinrich, Martin, Autos)
und (Heinrich, Thomas, Basteln) in Relation, dann auch
(Heinrich, Martin, Basteln) und (Heinrich, Thomas, Autos).
Formale Definition wird dieser Sichtweise folgen.

■ Vierte Normalform:

Keine solchen MVDs zulassen.

D. h. Relation soll aufgespalten werden.

Einleitung

FDs

FDs –
Ableitung

Anomalien

Transform.-
Eigenschaft.

Schema-
eigenschaft.

Entwurfs-
verfahren

Weitere
Abh.keiten

Schluss

Mehrwertige Abhängigkeiten (1)

- Formal – r genügt der MVD $X \twoheadrightarrow Y$ genau dann, wenn

$$\forall t_1, t_2 \in r: [(t_1 \neq t_2 \wedge t_1(X) = t_2(X))$$

$$\Rightarrow \exists t_3 \in r: t_3(X) = t_1(X) \wedge t_3(Y) = t_1(Y) \wedge t_3(Z) = t_2(Z)]$$

$$Z = R - X - Y$$

$X = \text{Name}, Y = \text{Neffe}, Z = \text{Hobby}$

- Illustration:

- Relation mit Attributen $\text{Name}, \text{Neffe}, \text{Hobby}$.

- Es gelte MVD $\text{Name} \twoheadrightarrow \text{Neffe}$.

- Wenn $(\text{Hermann}, \text{Martin}, \text{Autos})$
und $(\text{Hermann}, \text{Thomas}, \text{Basteln})$ in Relation,
dann auch $(\text{Hermann}, \text{Martin}, \text{Basteln})$.

- Vierte Normalform:

Keine nichttrivialen MVDs zulassen.

D. h. Relation soll aufgespalten werden.

Einleitung

FDs

FDs –

Ableitung

Anomalien

Transform.-
Eigenschaft.

Schema-
eigenschaft.

Entwurfs-
verfahren

Weitere
Abh.keiten

Schluss

Mehrwertige Abhängigkeiten (2)

- *MVD $X \twoheadrightarrow Y$ ist trivial,*
wenn keine weiteren Attribute
im zugehörigen Relationenschema.
- Wenn keine weiteren Attribute,
kann man für diese Attribute alles Mögliche fordern.
- Illustration:
 - Relation mit Attributen Name, Kind.
 - *MVD $\text{Name} \twoheadrightarrow \text{Kind}$ ist stets erfüllt,*
ist aber nicht int'sant.

Einleitung

FDs

FDs –
Ableitung

Anomalien

Transform.-
Eigenschaft.

Schema-
eigenschaft.

Entwurfs-
verfahren

Weitere
Abh.keiten

Schluss

Zusammenfassung

- Thema dieses Kapitels: Guter Entwurf.
- Redundanzen sind stoßend.
- Ziel: Transformation eines Schemas, das Redundanzen zulässt, in eins, das diese Eigenschaft nicht hat. Transformation selbst muss diversen Anforderungen genügen (Äquivalenz).
- Unterschiedliche Arten der Redundanz und entsprechende Normalformen.
- Normalisierungsalgorithmen wurden besprochen. (Nicht für MVD.)

Einleitung
FDs
FDs –
Ableitung
Anomalien
Transform.-
Eigenschaft.
Schema-
eigenschaft.
Entwurfs-
verfahren
Weitere
Abh.keiten
Schluss

Mögliche Fragen für mündliche Prüfung

- Erklären Sie die folgenden Begriffe:
Redundanz, Funktionale Abhängigkeit, Normalform, Verbundtreue, Abhängigkeitstreue, Minimalität.
- Erläutern Sie die Aussage
"Funktionale Abhängigkeiten beinhalten semantische Information."
- Welche Anomalien kennen Sie? Erläutern Sie
für jede dieser Anomalien, warum sie störend ist.
- Warum braucht man für Verbundtreue Kriterien,
für Abhängigkeitstreue jedoch anscheinend nicht?
- Welche Normalformen kennen Sie? Sagen Sie umgangssprachlich,
wie sie definiert sind.